(18) B * 18 * 19 * 19 * 12 * 公 朔 特 許 公 報 (A)

(11)物質出職公開發分 特別2000-20501 (P2000-20501A)

(43)公開日 平成12年1月21日(2000.1.21)

(51) Int.C.1

\$2. J

3-475-1" (**##**)

G08F 17/19

35/38

3.9.8

G 0 8 F 15/31

2 58045

15/18

3902 58058

審査構成 未確求 継承機の数7 OL (全 17 質)

(21) (38,000,000)

₩₩₩10 ~188840

(71) 銀線人 (900003078

继承给给张芝

(22) (388) (31)

- 平域10年7月3日(1998.7.3)

神奈川県川崎市幸区第川町72番地

(72)発物者 上級 勢夫

特施用黑模拟市職子区新杉田町 8 番地 教

式会往東芝標斯事業所內

(74)代職人 100083181

并继北 外川 美明

アターム(参考) 58045 AA07 3002 8828 8947 (202

CC 2

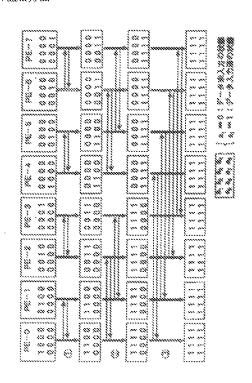
58050 AA04 8846 (8)14 FF05

(54) (発明の名称) 並列計算機システム及びその複算処理拡慢側の適位方法

(77) (劉約)

【課題】 並列計算機の各選算処理装置で分散処理され | たデータを効率的に葉結する。

【解決手段】 職刑番号の、1、…、2* - 1が付与さ れた21 台の海岸処理装置と個別記憶装置及び通信手段 を備えた並列計算機システムで、2°個の小配列に分割 して各演算処理装置に分配/演算処理されたデータ程列 を1つの配列に集結する際に、識別番号Nに対し2進法 で表した識別番号Nの2'の位の数を反転させた番号。 N'を対応させ、識別番号Nの演算処理装置と識別番号 N'の演算処理装置の間でデータ数型の演算処理結果を 相互に必受信する操作)をしゃりから1 = n - 1まで職 次行う。この際、テンロなる子に対しては、操作士の際 に、識別番号N、N°の演算処理減緩関で各演算処理禁 置による演算処理結果に加えて操作(リー1)までで得 られた演算処理結果を送受信する。



[##########)

【鎌本項】】 顕著の鎌別子を有する少なくとも2。台 の演算処理係置と、これら各演算処理施置に各々対応す る個別記憶装置および適信手段とを備え、この適信手段 により各議算処理転搬器でデータの授受を行う並列計算 機システムにおいて、21個の小配列に分割して21台 の演算処理装置に分配され各演算処理実置で演算処理さ れたデータ報列を再び1つの配列に集結する際に、2° 台の演算処理装置に認用番号の、1. 一、21 ~ 1を付 本し、 識別番号Nの演算無理解解に対し、2 単独で表した。10 撤刑券等Nの21の位の数を反転させた券号N1を撤別 番号とする演繹処理鉄器を対応させ、前記データ配列の 海算処理結果を識別番号Nの演算処理等置と識別番号 N'の演算処理装置の間で相互に送受信する操作する。 =0から:=8-1業で鮮文行い、テンロなる上に対し ては、操作しの際に、激和番号N。N)の演算処理装置 間で各演算処理装置による演算処理結果に加えて操作 ()-1)までで得られた演算処理結果を送受信するこ とにより2°台の演算処理装置間でn回の操作でデータ 配列を集結させることを特徴とする並列計算機システ

【簡求項2】 関有の識別子を有する(2*+k)台の 演算処理装置と、これら各演算処理装置に各々対応する 個別記憶装置および遺信手段とを備え、この通信手段に より各演算処理基礎部でデータの授受を行う並列計算機 システムにおいて。(2*+x)側の冷観例に分割して (2*+*)台の海軍処理装置に分配・海軍処理された。 データ配列を再び1つの配列に集結する際に、前配(2 + k) 台の演算処理装置に個別記憶手段及び通信手段 を鍛えた(2* -- x)台の演算処理装置を加えた2*** 台からなる演繹処理装置群を形成し、この演繹処理装置 群を構成する2*** 台の演算処理装置に識別番号り、

1. … 2*** … 1を付与し. 激烈番号Nの演算処理病 | 概に対しる進法で表した識別番号Nの21の位の数を反 版させた番号N'を鎌期勝号とする演算処理装置を対応 させ、前紀データ配列の演算処理結果を識別番号Nの演 算処理施羅と識別番号 N'の演算処理施羅の間で相互に 送受信する操作すを主=0からュ=血素で駆次行い、主 >0なる方に対しては、操作方の際に、NS2。 +kな 海算処理結果及び操作(;一十)までで得られた演算処 理結果を送信し、N>2* +となる識別番号Nの演算機 理袋優からは操作()~!)までで得られた演算処理結 果を送信することにより(2*+k)台の演算処理顕微 において (m+1) 国の操作でデータ船列を爆終させる ととを特徴とする並列計算機システム。

【請求項3】 顕有の職別子を有する(2*+k)物の 海岸処理装置と、これら各海岸処理装置に各々対応する 個別記憶装置および通信手段とを備え、この通信手段に より各演算処理装置間でデータの接受を行う並列計算機 50 た織別器号尺の2~の位の数を反転させた器号尺)を議

システムにおいて、(2*+k)傷の小配列に分割して (2°+k)台の演算処理装置に分配、演算処理された データ配列を再び上つの配列に暴結する際に、この(2 * ナモ)個のデータ駆列に(2* ード)個の空の小配列 を追加することで前紀データ配列を小配列2*** 傷分の 配列に拡張し、前記(2*ナ大)台の関係処理装置に、 盤別記憶手段及び通信手段を備えた(2* ー k)台の海 算処理装置を加えた2*・1 台からなる演算処理装置群を 形成し、この演算処理装置群を構成する2*** 台の演算 処理鉄圏に識別番号0、1、…、2**1 … 1を付与し、 ※別番号Nの演算処理装置に対し2強法で表した総別番 号Nの2°の位の数を反転させた番号N°を線別番号と する演算処理装置を対応させ、前記データ配列の溶算処 理結果を識別番号Nの演算処理装置と識別番号N1の演 算処理装置の間で相互に送受信する操作しをうまりから 主=mまで郷次行い、ランのなるうに対して、操作すの 際に、織用番号N、N゚の演算処理装置間で各演算処理 禁羅による演算処理結果に加えて操作(j−1)までで 得られた演算処理結果を送受信することにより(2*+ 20 k) 台の演算処理装置において(m+1)回の操作でデ 一タ配列を築結させることを特徴とする並列計算機ンス

3

【誠求明4】 n>mなるn.mについて、間有の識別 子を有する(2"+2*)台の演算処理装置と、これら 各演算処理装置に各々対応する個別記憶装置および適信 手段とを備え、この適信手段により各端算処理装置間で データの機能を行う並列計算機システムにあいて、 (2) * + 2*) 鰯の小観列に分割して(2* + 2*) 台の嶺 毎処理鉄器に分配・演算処理されたデータ配列を再び1 - つの配列に集結する際に、前紀(2、+2*)台の簡翼 処理装置を2°台からなるグループG、と2°台からな るグループG、に分割し、また前記データ配列を初めの 21 個の小配列からなる配列A、 とその後の2* 個の小 観光からなる観光点、の2つに分割し、この観光点、、 A、をそれぞれグループO、、G。と対応づけて分配。 演算処理を行い、グループの、の2*台の演算処理装置 に識別番号0.1.…,2"-1を付与し、識別番号N の演算処理務職に対しと進法で表した識別番号Nの2* の位の数を収転させた勝号N を騰州番号とする瀋篠原 る識別番号目の海寶処理装置からはその演算処理装置の 40 理装置を対応させ、前記データ配列の演算処理結果を識 別番号Nの演算処理装置と識別番号N′の演算処理装置 の際で相互に送受信する操作しをミニりからミニャー1 まて際欠行い、よ>のなる」に対して、操作しの無に識 劉紫母N、N'の演算無理新麗間で各演算無理新麗によ る演繹処理結果に加えて操作(;一1)までで得られた 海灘処理結果を送受信することによりグループG、内で 翻例A、を集結させる第1の工程と、グループG、の8 * 台の海線処理装置に識別番号0. 1, …, 2* - 1を 付与し、繊維番号Nの密算処理装置に対し2番法で表し

別番号とする演算処理基盤を対応させ、前紀データ配列 の海軍処理結果を議別番号Nの演算処理装置と識別番号 N の演算処理鉄圏の間で相互に送受信する操作する。 無○から1=n-1まで職次行い、1>0なるうに対し て、操作1の際に繊則器号N、N1の演算処理装置間で 各演算処理装置による演算処理結果に加えて操作(;-1) までで得られた游算処理結果を送受信することによ サグループG、内で配列A、を業結させる第2の工程 と、グループG。からグループG。の各版算処理基礎に 理算器に配列A、を遂信する第3の工程とを有し、第1 の工程と第2の工程を並列に実行した後に第3の工程を 行なうことにより(2*+2*) 台の演算処理装置にお いてデータ配列を燃結させることを特徴とする並列計算 微システム。

【精末限5】 関有の識別子を有する複数の演算処理集 麗と、これら各演算処理装置に各々対応する個別記憶装 置および運信手段とを備えた並列計算機システムにおい

(301)

台の演算処理装置に分配・演算処理されたチータ配列を 再び上つの配列に集結する際に、これらの演算処理装置 (B) (B) (B)

18031

$$2^{n_1}, 2^{n_2}, 2^{n_3}, \cdots, 2^{n_k}$$

台をそれぞれグループの。、G。、一、G。として大御 のグループに分割するとともに、前記小配列のうち (884)

$$2^{m}, 2^{m}, 2^{m}, \cdots, 2^{m}$$

●の小配列をそれぞれ配列A、、A、、○、A、として k個の配列に分割し、このk個の配列とk個のグループ G. G. G. C. G. とを1対1に対応づけて分配・激 。の〈2のa。策〉台の演算処理装置に識別番号 0。 1. 一を付与し、識別番号Nの演算処理装置に対し2連 法で表した識別番号区の21の位の数を反転させた番号 N を範別番号とする演算処理装置を対応させ、前紀デ 一タ数別の演算処理結果を撤別番号Nの演算処理装置と |数別番号N:の演算処理集職の間で相互に送せ信する場 作しを1m0から1mmm1まで魔欠行い。 よとりなる 1に対して、操作1の際に鑑別番号N、N の溶験処理 装置等で各接算処理装置による演算処理結果に加えて接 作(1-1)までで得られた運算処理結果を送受信する 50 機システムの演算処理装置器の通信方法。

ことによりグループの。内の演算処理装置でデータ配列 A、を集結させるグループ内工程 p を実活し、グループ 内工程(k-1)が終了した後、グループC、の演繹施 羅装羅から配列A。の演算結果をグループG...の演算 処理装置に遂信するグループ間工程とを実行し、次に、 グループG。の各演算処理装置に集結された配列A。の 演算結果を、グループG。の演算処理装置から以>pな る金でののに対しグループG。に属する各種類処理装置 に送信するとともに、グループG。のappenのappen。 整門A、を、グループG、からグループG、の各議算第 30 ち、グループG。自身の演算結果である配列A、及びグ ループG...、の演算処理装置から受信した配列A...、 …. A. の演算結果をグループG,... の演算処理装置に 遊復するグループ間工程でも、ウェドー1からロエ2度 ですに関して降離に実行することにより。 (WS)

台の演算処理装置においてデータ配列を集結させること を特徴とする並列計算機システム、

20 【雑字項6】 雑字項4または5記載の世列計算機シス テムを用いて演算処理装置のグループ間でのデータ交換 を行う場合、リンタなるり、女について、21台の演算 処理装置からなるグループG。で業結され共有されてい るデータ配列Aと、2* 台の演算処理装置からなるグル ープG。で攀続され共育されているデータ配列Bとを、 グループG。、G。間で相互に選受信する際に、グルー プロ、のなかから選択される2* 台の演繹処理装置をグ ループG、の各演算処理装置と1分目に対応させてグル ープG、の各演算処理装置にデータ配列Aを送信する操 30 作を並列に実施するとともに、グループG。を、それぞ れが2*** 台の演算処理装置からなる小グループα、、 $lpha_k$ 、 \forall_k $lpha_k$ ($r=2^n$)に分割して、名々のホタル ープとグループG。のよ台の各演算処理装置とを1対1 に対応させ、小グルーブα、のなかから選択される1台 の演繹処理装置に対して、小グループ々。に対応するグ ループG。の演算処理施麗からデータ配列Bを迷信した 後、小グループロ、の演算処理装置間でデータ配列Bを 滋受信する操作しを、しるしるしなるしな関して並列に 実行するすることにより、2。台の演纂処理装置と2。 舞舞類を行い、15p5kなる各pに対し、グループG 40 台の演算処理装置にデータ配列Aとデータ配列Bを共有 させることを特徴とする並列計算機システム。

「緯末項7 】 鎖末項1万至8のいずれか記載の並列計 算機システムを用いて2台の演算処理装置間でデータを 交換する工程は、演算処理装置の離別番号の大きい方か **ち小さい方にデータを送る第1の送信工程と、演算処理** 装置の機和番号の小さい方から大きい方にデータを送る 第2の迷信工程とからなり、この第1の迷信工程と第2 の遺儀工程のうちから選択されるも工程を先に行った 後、締にて他の1工程を行りことを特徴とする並列資業

(発明の詳細な影響)

[000]

【異明の様する技術分野】本発明は、適信手段および個 **別応信装置を備えた多数の演算処理装置からなり、特に** 並列計算を目的とした並列計算機システム及びその演算 処理基礎の通信方法に関する。

5

[0002]

【従来の技術】原子力施設をはじめとする大規模な施設 の設計区おいては、例えば遮蔽設計など区おける放射線 規模な計算がかなりの頻度で要求される。この要求に応 えるためには大幅な針算速度の向上が必要である。この ため最近では、適倍手段と個別の配管装置を備えた多数 の演算処理装置を用いて、1台の演算処理装置しか持た ない計算機を使用していたのでは得られないような高速 度で、解析を行うことが考案されている。

【0003】例えば炉心敷料であれば、原子炉の炉心を 複数の燃料集合体からなる幾つかのセグメントに分割 し、それぞれのセグメントを上つの演算処理装置に対応 きせて、出力計算と熱水力計算を各々の演算処理装置で 20 8.,, 5.,, c.,で以下のように表記する。 並列に計算させる。セグメント間での中性子葉の流出人 およびチャンネル側の冷却材の圧力パランスを解析する 際には、前距通信手段によりセグメント境界の中性子 🛪

* 泉、各チャンネルの圧力損失のデータを演算処理銃躍開 でやり取りすることで、空間的に連続した解析が行われ

【0004】また、選級設計であれば、例えば原子炉の 炉心、待期料、遮蔽体などを含む全体系を幾つかの小領 域に分割し、それぞれの小領域を上つの演算処理装置に 対応させて、放射線束分布計算を各々の演算処理装置で 並列に計算させる。小額域間での中性子束の流出入を解 析する際には、前配適個手段により小領域境界の中性子 革動計算、炉心設計にあげる炉心性能予測解析などの大。10、泉のデータを演算処理装置間でやり取りすることで、空 期的に連続した解析が行われる。

(00051

(発明が解決しようとする課題)複数の演算処理装置を 用いて並列に計算を行わせる際に、演算処理装置間の通 傷を行うことなく全く独立に計算を進めることができる 例はまれてあり、運業は演算処理装置間の通信を行いな がら針舞を進める。たとえば、4行4列の行列A、Bの 掛け算を4分の演算処理装置で実施して4行4列の行列 Cを求める場合を考える。A、B、Cの要素をそれぞれ

100001 (**388**)

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{11} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{21} & a_{33} & a_{33} & a_{34} \\ a_{22} & a_{33} & a_{34} \\ a_{22} & a_{33} & a_{34} \\ a_{23} & a_{34} & a_{34} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} \\ b_{22} & b_{23} & b_{23} & b_{24} \\ b_{33} & b_{34} & b_{35} & b_{34} \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & b_{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{12} & c_{13} & c_{24} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} \\ c_{32} & c_{33} & c_{34} \end{bmatrix}$$

このとき、4台の演算処理契据のうちの上台においては、30 【0009】これらの問題を一般化すると次のようにな 例光ば。

[0007]

(W7)

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix}$$

のように針算か行われる。

(a.)またはb。)については行成いは別金体について の要素のデータが必要である。また、演算の結果として 得られるで、の方は、各々の演算処理装置に終いては都 分的にしかデータが得られない。このことは、例えば大 のステップで行列Cと行列Aの掛け算を行う必要が生じ たとき、針舞で得られた要素だけではデータに不足が生 じることを選挙する、したがって、ANB=Cの計算を 実施した後で残りの部分、上の式で割えば行列Cの少な くとも第1行と第2行のデータ及び第1列と第2列のデ 一タは満たされた状態にしておかねばならない。

る。(n×k)鑑からなる配列X(nk)があり、これがn 台の演算処理装置に分割され、例えば識別番号(の演算 処理等置ではX(1),X(2),…X(k) / 歳別番号2の演算 処理萎縮ではX (841) ,X (842) , … , X (2k) の針翼結果 を持っているものとする。この状態からの台の演算処理 **装置の間で通信を行うことにより、20台の演算処理装置** が配列XのQの計算結果を持っている状況を作る操作が 必要となることがある。

【0010】このときの通信は(対)であることが運信 【0008】この例から明らかなように、演算に使う側 40 手段上の条件である。すなわち、例えば演算処理装置 1 から演繹処理終置2ステータを転送する際には、演算処 彈塞騰2は演算処理装置しからデータを受けとる態勢に なければならないのであって、このとき演繹処理装置? が他の処理、例えば演算処理装置3にデータを転送しよ うとしたり演繹処理装置すからデータを受けようとした りすると、運営は失致して計算は中断することとなる。 選信が審りなく行われるには送信側と受信側の混乱がな いように適信の順序を予め法めておく必要がある。

【① 0 1 1 】 4 台の演纂処理装置を使う場合を例にとれ - SD - ば、容易に考えられる方法として次のものが挙げられ

る。以下、裏記を躊躇化するため演繹処理談職主、2、* ※3、4をそれぞれ共主、#2、#9、#4と勝く。

- (1) 遊蕩一受傷を1つずつ職次行う方法
 - [1] #1の計算機製→#2。 (2) #1の計算結果→#3。
 - (3) #1の計算結果→#4、 (4) #2の計算結果→#1,
 - (5) #2の計算結果一#3. (6) #2の計算結果→#4.
 - [7] #3の計算結果一年1、 [8] #3の計算結果一年2、

 - [8] #3の計算結果→#4。 [10] #4の計算結果→#1。
 - [33] #4の計算結果一#2、 (32) #4の計算結果一#3

総合せの数を示す。

めた後、各演算処理装置に配布する。

を撤収実行する。

【0012】 ここで、[1] 、[2] 、[3] 、一は絶難のス 10 の方法によれば、時間はかかるが適信上の異乱は避けち テップの番号を示す。演算処理装置を目台、自台に割り --当てられたデータ微をwとすれば、通信回数は

 $2 \times {C_1} = N (N-1)$ であり、データ容動量は

 $2w\times_{*}C_{*} = wN(N-1)$

・データ業績

- [3] #2の計算結集→#1。 [2] #3の計算結果→#1。
- [7] #4の計算結果一#1, … を順次実行。

幸工に全データが綴る。

・金データ配布

[1] #1-#8. [2] #1-#3, [7] #1-#4, ...

を順次実行。 配列全体を非2、#3、#4に送信す。 8.

【0014】この場合の通信開整は 2 (N-1) 園」 データ移動機は集結時に (N-1) w. 配布時に N-(Nー1)wである。この方法は(主)の方法に比べて。 通信回数は少ないが、全チータ配布時に送信されるテー★。

- (2) #1の計算結果→#3。 #2の計算結果→#4 を開助に常行。

- * タ蟹が多い点が短所である。

【0015】また、鎌信の効率化を図った手法として次 のものがある。

- 窓である。ドニ4ならば通常問数は上述の12回である。こ

- わる。なお、 ,C。はり側の要素から4個の要素を選ぶ

【0013】(2) 代表の演算処理装置にデータを集

(3) 演算処理装置の上対しの組み合わせに対して批 州・郷郷的に連備を行う。 これは(1)の方法を改良 したもので、例えば次のように行う。

- [3] #1の計算結果→#2、 #3の計算結果→#4 を開時に実行。
- [3] 芽1の計算結果一#4、 #2の計算結果一#3 を開時に実行。
- 141 #2の計算結果→#1、 #4の計算結果→#3 を開時に実行。
- [5] #3の計算結果…#1. #4の計算結果…#2 を開助に実行。
- [6] #4の計算結果一#1: #3の計算結果一#2 を開時に実行。

【0018】この運営方法によれば、通信が重複するこ とも衝突することもなく、全データが4台の演算処理談 **郷に行き渡る。海豚処理装置が**おむてあれば通信回数は -2 (N-1)、データ移動機は2 (N-1) wである。 N=4であれば通常に要する時間は前述の(1)の方法。 の事分である。Nが大きくなるとともに難は広がる。

【0017】(4) 演算処理装置の Binary tresによ 40 【0018】(3)の方法は(4)の方法に比べてデー り代表の演算処理装置にデータを集めた後、各部算処理 装置に配布する。これは(2)の方法を改良したもの で、倒えば次のように行う。

· データ級粉

- (1) 事2の計算結果一ま1、#4の計算結果一ま3を出 特亿美行。
- (2) #3亿業結された計算結果一# [
- ・金データ配布
- FR #1-#3
- [4] #1~#2。 #3~#4老網時代室行。

【0018】この方法によれば、海算処理装置から行て あれば、通信回数は 2× tog N回、データ通信数 は、集結時に(N-1)w、配布時に Nw log Nで ある。N=4であれば適信開教は(2)の方法の2/ - 3 , データ移動翼は(2) の方法の - 11/15である。N が大きくなるとともに差は広がる。

タ移動機は少ないが通信回数が多いため、数う配列が小 さい場合には減していない。(4)の方法は適倍回数は 少ないが、データ移動量が多いため、巨大な配列を扱う 場合には適していない。

【0020】よって、データ移動機と通信調数がともに 業選化された。あらゆる条件に対して適用可能な一般化 された手法が必要である。本発明は、このような点を考 嫌してなされたもので、通信によるデータの接受を批判 て行えるようにすることで、演算処理装置間の適信服数

50 およびデータの授受の機の待ち時間を最小嵌に抑えて高

速化を図ることができる並列計算機システム及びその演 **算処理装置側の通信方法を提供することを目的とする。** [0021]

(課題を解決するための手段) 上記目的を選成するた あ、本発明の議定等1記載の発明は、固有の適用子を有 する少なくとも2" 台の議算処理銃躍と、これら各演算 処理装置に各々対応する優別紀憶装置および通信手段と を構え、この通信手段により各議算処理装履間でデータ の授受を行う並列計算機システムにおいて、2°機の小 処理鉄廠で海算処理されたデータ配列を再び1つの配列 に業結する際に、21 台の海灘処理装置に識別番号の。 1、一、21~1を付与し、識別番号Nの演算処理装置 に対し2選集で表した議別番号Nの21 の位の数を反転 させた番号N'を識別番号とする演算処理装置を対応さ せ、前記データ配列の演算処理結果を識別番号Nの演算 処理装置と繊料番号N'の演算処理装置の間で相互に送 受信する操作しを主コリから主コローミまで籐欠行に、 う>0なる)に対しては、操作)の際に、激別勝号N。 N の演算処理装置間で各演算処理装置による演算処理 20 -結果区加えて操作(j-1)までで得られた演算処理結 果を送受信することにより2°台の演算処理装置簡でも 国の操作でデータ配列を業務させることを特徴とする。 【0022】また、請求項2記載の発明は、固有の勘別 子を有する(2* + k)台の演算処理論療と、これら答 演算処理装置に各々対応する個別配置装置および通信手 設とを備え、この通信手段により各演算処理部署間でデ ータの授受を行う並列計算機システムにあいて。(2* +k)傷の介配列に分割して(2*+k)台の演算処理 列に集結する際に、前記(2* + k)台の演算処理装置 に個別記憶手段及び適信手段を備えた(2* -k)台の 演算処理鋳羅を加えた2*** 合からなる演算処理装置群 を形成し、この演算処理装置群を構成するで*** 台の裏 舞処理装置に識別番号の、1, つ、2*** ~1を付与 し、鐵門番号Nの海算処開落翼に対し2選法で表した識 別番号Nの2'の位の数を反転させた番号N'を識別番 号とする演算処理装置を対応させ、前記データ配列の演 | 算処理結果を鐵卵番号Nの油算処理装置と識別番号N | の演算処理装置の間で相互に送受信する操作しをしょう から主ニ血素で職次行い、リンジなるうに対しては、築 作りの際に、NS2* + となる識別番号Nの演算処理誌 置からはその復興的理論器の演算的理結果及び操作() --1) までで得られた演算処理結果を送信し、N>2* + kなる識別番号ドの演算処理装置からは操作()-1)までで得られた演算処理結果を送僧することにより (2°+k) 台の演算処理装置において(m+1)間の 操作でデータ配列を集結させることを特徴とする。 【0023】また、雑水吸る記載の発明は、固有の識別

演算処理装置に各々対応する個別記憶装置および適信手 段とを備え、この通信手段により各海難処理基礎際でデ ータの役受を行う並列計算機システムにおいて、(2* ナト) 傷の小配列に分割して(2*+k) 台の演算処理 蘇羅に分配、演算処理されたデータ配列を得び上つの配 列に集結する際に、この(2* + k)傷のデータ配列に (2* - k) 個の空の小配列を追加することで前記デー タ配列を小配列2*** 個分の配列に拡張し、前組(2* 土とと台の演算処理装置に個別記憶手段及び通信手段を 部別は分割して2°台の演算処理萎麗に分配され各演算。30 - 備えた(2* -- k)台の演算処理姦魔を加えた2**** 台 からなる演算処理装置群を形成し、この演算処理装置群 を構成する2*** 台の演算処理装置に識別番号0. 1. 一、2*** - 1を付与し、識別番号Nの演算処理装置に 対し2強法で遊した難辨養時Nの21の位の数を反転さ せた番号 N'を識別番号とする演算処理装置を対応さ せ、前紀データ配列の海際短期結果を識別者号Nの海寮 処理装置と勝用番号N'の演算処理装置の間で相互に送 受傷する操作すをしゃりから(=mまで魔女行い、)> りなるjに対して、操作jの際に、機即獲得N、N'の 演算処理装置間で各演算処理装置による演算処理結果に 加えて操作(1-1)までで得られた演算処理結果を決 受信することにより(2*+k)台の演算処理装置にお いて(m+1)目の操作でデータ配列を集結させること を特徴とする。

38

[0024]また、請求項4記載の発明は、n>mなる n、mについて、間有の識別子を有する(2*+2*) 台の演算処理装置と、これら各演算処理装置に各々対応 する個別記憶集器および遺信手段とを備え、この通信手 段により名演算処理装置舞でデータの授業を行う並列針 装置に分配・演算処理されたデータ配列を再び1つの配 30 算機システムにおいて、〈2、 + 2*)傷の小配列に分 割して(21 + 21) 台の演算処理装置に分配・演算処 理されたデータ配列を再び上つの転列に集結する際に、 前紀(21 + 2*)台の演算処理装置を21 台からなる グループ(G)、と2* 台からなるグループ(G)、に分割し、 また前記データ配列を初めの2。 鎌の小配列からなる配 列ム、とその後の2~個の小配列からなる配列ム」の2 つに分割し、この配列人、、人。をそれぞれグループル 。、G,と対応づけて分配,凝解処理を行い。グループ G:の21台の演算処理装置に識別番号0.1; --.2 40 1-1を付与し、識別番号Nの演算処理装置に対し2選 法で表した識別番号Nの21の位の数を反転させた番号 N'を郷別番号とする演算処理装置を対応させ、前記デ 一ク配列の演算処理結果を識別番号Nの演算処理結構と 鐵翔番号N'の演算処理装置の間で相互に送受信する操 作すをすべりからすニカー上まで凝次行い、テンロなる うな対して、操作すの際に識別参与N、N°の複算機器 装置間で各演算処理装置による演算処理結果に加えて操 作()-1)までで得られた演算処理結果を送受信する ととによりグループ号、内でデータ配列を業結させる第 子を有する(2* + k)台の演算処理装置と、これら各「50」1の工程と、グループG,の2* 台の演算処理装置に識

別番号の、1、小、2* ~ 1を付与し、鑑別番号等の演 算処理装置に対し2進法で表した識別番号Nの21の位 の数を度続させた番号N'を識別番号とする演算処理鉄 麗を対応させ、新紀データ配列の演算処理結果を識別者 号Nの演算処理整置と識別番号N'の演算処理装置の関 で相互に送受信する操作しをしゃりからしゃっーしまで 魔文行い、リンのなる」に対して、操作)の際に織刑备 号N、N゚の演奏処理基礎関で名演奏処理基礎による演 算処理結果に加えて操作()--()までで得られた演算 タ配列を集結させる第2の工程と、グループG、からグ ループG。の各演算処理装置に配列A、 そ、 グループG 。からグループG、の各演算処理装置に配列A。を送信 する第3の工程とを有し、第1の工程と第2の工程を並 **予に実行した後に第3の工程を行なうことにより(2)** +2*) 台の演算処理装置においてデータ配列を集結さ せることを特徴とする。

【0025】また、諸本項5記載の発明は、関有の識別 子を有する複数の演算処理施鑑と、これら各演算処理施 置に各々対応する個別記憶装置および通信手段とを備え 20 た差別計算機システムにおいて、

[@8]

盤の小配列(値し、n. ≥n, ≥n, >-->n, ≥0) に分裂して

18881

台の演算処理装置に分配・演算処理されたデータ配列を 再び1つの配列に集結する際に、これらの複算処理施置 のうち

【数10】

$$2^{n_1}, 2^{n_2}, 2^{n_3}, \cdots, 2^{n_k}$$

おをそれぞれグループG。、G。、一、G。としてX額 のグループに分割するとともに、創記小配列のうち (0028)

個の小配列をそれぞれ配列A、、A、、小、A、として x個の配列に分割し、このx個の配列とx個のグループ G、、G、、一、G、とを上対1に対応づけて分配、液 算処理を行い、1≤ρ≤kなる各ρに対し、グループG 。の(2のn。類) 台の演算処理装置に識別番号の。 1, …を付与し、識別番号Nの演算処理鉄廠に対し2選 法で表した機関番号ドの21の位の数を反転させた番号 N を識別番号とする演算処理装置を対応させ、前記デ 一タ批判の演算処理結果を撤別番号Nの演算処理装置と 鐵翔蓋号N の演算処理装置の間で相互に送受信する操 So して並列に実行するすることにより、2º 台の演算処理

等うを主用りから1 =nー) まで離次行い、うつのなる うに対して、操作すの際に撤別番号N、N°の海算処理 等機関で各演算処理装置による演算処理結果に加えて機 作()-1)までで得られた演纂処理結果を送受信する ことによりグループ目、内の演算処理装置でデータ経列 A。を集結させるグループ内工程りを実行し、グループ 内工程(k-1)が終了した後、グループG、の演算処 理験概から配列A、の演算結果をグループG。...の演算 処理装置に送信するグループ間工程 k を実行し、次に、 処理結果を送受信することによりグループG、内でデー 10 グループG。の各演算処理装置に集結された配列A、の 海算結果を、グループG、の演算処理装置からなとなな る全てのoに対しグループG。に属する各議算処理装置 な迷信するとともに、ケループG。の微算処理拡張が ち、グループG、自身の演算結果である配列A、及びグ ループG...の演算処理装置から受信した配列A...、 ー、A、の演算結果をグループG_{way}の演算処理装置に 送傷するグループ期工程がを、カニドーしからカニ2ま できに関して降離に実行することにより、

3.3

100271

- (数12)

台の演算処理装置においてデータ製剤を集結させること を特徴とする。

【0028】なお、この際には、k個のグループ性工程 1, 2, …、とを並列の実行し、14884 k … 1 なる s に対して、グループ内工程 s が終了した時点で翻次グル ープ郷工程(ま+1)を実行することで、全体の通信に 30 要する時間をさらに短縮することができる。

【0028】また、網末項6記載の発明は、翻求項4ま たは5記載の世別計算機システムを用いて演算処理装置 のグループ間でのデータ交換を行う場合。 2. 台の演算 必選装置からなるグループG。で集結され共有されてい るデータ配列Aと、2 * 台の演算処理数置(p > q) か ちなるグループC。で集結され共有されているデータ配 利Bとを、グループG、、G、無で相互に選受信する際 に、グループG。のなかから選択される2*台の演算板 理装置をグループG。の各演算処理装置と1対1に対応 40 させてグループG、の各演舞処理装置にデータ配列Aを 選信する操作を並列に実施するとともに、グループG。 を、それぞれが2111台の演算処理銃器からなる小グル 一ブな。こな。こい、は、(ア=2))に分割して、各 カの小グループとグループG。のよ傷の各演算処理装置 とを1対1に対応させ、小グループな、のなかから選択 される1台の演算処理装置に対して、小グループα、に 対応するグループG。の演算処理基礎からデータ配列B を送信した後、小グループα、の演算処理装置開でデー タ配列目を選受信する操作した。1515となる(以降

 $\langle 3 \rangle$

鉄巖と2× 台の演算処理装置にデータ配列Aとデータ配 列目を共有させることを特徴とする。

【0030】また、韓本項7紀載の発明は、謝本項1万 至らのいずれか記載の推列計算機システムを用いて2台 の演算処理装置間でデータを交換する工程は、演算処理 装置の織別番号の大きい方からかさい方にデータを送る 第1の送信工程と、演算処理装置の識別番号の小さい方 から大きい方にデータを送る第2の遊信工程とからな り、この第1の送信工程と第2の送信工程のうちから選 択される1工程を先に行った後、続いて他の1工程を行 10 1から受信したデータを含む2 n傷のデータを選信す うことを物像とする。

10031)

(発明の実施の影響) 本発明の実施の影響について、以 下、図面を参照して説明する。図1は並列計算機システ Aの構成例を示すプロック器である。ことに示した推例 計算機システムは、上台のホストの計算機:と8台の機 る。ホストの計算機には記憶装置3と運信手段4、演算 処理装置2-1、2-2、…, 2-8の各々には、傷別 **紅捻絨羅**5-1, 5-2, m, 5-8去通信手段6--1、6-2。-、6-8が儀えられている。例えば、ホ 2トの計算機で読み込んだ入力データ等は、通信手段 4 から通信手段8-1,8-2,4,8-8を適じて全権 算処理装置に送信される。演算処理装置2~1、2~ 2. 一、2-8では各々割り当てられた銀域の計算を行 い、必要に応じて演算処理装置側の適信によりデータの **被聚金行**令。

【0032】図 1 に示した並列計算機システムの機成に 番き、本発明にかかる並列計算機システムの第1の実施 並列計算機システムの演算処理装置間の通信方法を時系 **列で示すチャートである。**

[0033]演算經歷課職2-1,2-2,4,2-8 の識別番号をそれぞれり、1、…。7とし、これらを2 進法の3桁の数として表示するとそれぞれ occ.oom.o 10,011, 100, 101, 110, 111 となる。8×n側のデー タからなる配列Aがn機のデータからなる8個の小配列 a。.a。, ‥. a。 に分割されて、8台の海岸処理等 タに関する演算処理を行った後、配列Aの要素を全ての 海岸処理装置に於いて集めることを考える。なお、図2 において各演算処理装置にかかれた0または1はそれぞ れ分割された小配列を示しており、0は計算結果が未入 力の状態を、上は計算結果が入力済みの状態を要す。

【0034】第12チップとして、2°の位の数を反転 ()ならば!、」ならば)とする) きせた数を繊細叢帯 としてもつ演算処理装置との間でデータを交換する。例 | 舞処理装置3(011)||社演算処理装置2(018)|| と n 個のデーSo = { () () 4 () }

ータを交換する、各演算処理装置に2 n 個の要素が集ま ۵.

23

【0035】第2ステップでは、21の位の数を放転さ せた数を識別番号としてもつ演算処理装置との間でデー タモ交換する。例えば演算処理装置()(000) は演算処理 運搬 2 (010) ,海鄉处理裝置 3 (011) (1演算処理装置) (901) とデータを交換する。この時、例えば演算処理装 置りから演算処理装置2个の送信では、演算処理装置り 自身による演算結果の他に第1ステップで演算処理装置 る。これにより各演算処理装置に4n個の要素が集ま

【0038】最級に第3ステップとして、21の位の数 を反転させた数を識別番号としてもつ演算処理装置との 間でデータを交換する。例えば演算処理装置 O (000) は 海鄉亞用裝置 4 (196) ,海鄉処理装置 3 (011) は海豚処 理議置?(133) と4m傷のチータを交換する。各窩翼熱 理装置に8m個の要素が築まり、操作が充てする。

【0037】以上述べた適倍方法は演算を2′ = 8個に 20 分類した場合でありこの時のステップ数は3である。簡 様は、演算を2*=16額に分割し18台の演算処理装置に おいて連信を行なう場合には、上述した8分割の場合に 比べてさらに1ステップが必要となり、全部で4ステッ プとなる。一般に、演算をNOに分割しN台の演算処理 装置において適信を行う場合は、上述の方法を適用し て、ステップ数 loc。Nで遷僚が完了する。

【0038】本実施の形態の作用効果について以下検証 する。例えば配列の大きさをM(word)、演算処理装置の 台数を区とし、配列全体が区分割されて各層算処理装置 の影響について説明する。図2は本実施の影響における 30 に渡されているものとする。Kの値としては強勢計算で 微も一般的な条件である2のべき幾の場合、つまりkm 2、と終される場合について考える。この状態から、液 舞処理装置側の通信によって演算処理装置全部が配列金 体についてデータを把握している状況を作り出すのにか かる時間について考察する。一般にデータを送信するの **に要する時間工は**

> $W \times S + A = T$

と表せる。ここで、Aは適信準備に要する時間で、送信 するデータ難に関わらず1回の適信に必ず必要となる時 それぞれの演算処理施置で割り当てられた小配列のデー 40 間である。人の値はデータ数に依ちない、Bxwはデー タ鑑に比例する項であり、軍がデータ艦(麻麻敷)、8 がLword的なりの転送時間である。

> 【0038】データの機関のステップ数は Rog K=n である。各ステップで演算処理装置毎に送信と受信が1 国づつ行われる。第mステップで接受されるデータ数は (M/K)×2* [word] である。データ繋M[word]の データを全演算処理装置において業結させるのに必要な 送受信の函数は各演算処理装置当り2ヵ回であり、送受 傷する総データ繋ば

T\$\$ 131

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{M}{k} 2^k = \frac{M}{k} 2(2^k + 1) = 2M(1 - \frac{1}{k}) \quad (******)$$

*である。よって、本発明を適用した場合の金遷信時期で

※ タモト台の演算処理装置に集めるのに要する活受信の回

- 数は、代表演算処理装置においてn = Tog. K回てあ

★し、各ステップ毎にM(piord)のデータが差備される。よ

って、各演算処理装置にデータを配布する際にかかる時

る。また、第四スチップ(加る五)で送儀されるデータ

 $T(K) = 2A \log K + 2M (1 - 1/K) 8 + 4 + 4 + 6$

228.

【0041】比較のため、後来法、例えば Binary tree の方式でも台の代表演算処理装置に全データを集めてお き、国様に Binary trasの方式で全演算処理拡展にデー 夕を送信する場合の通信時間を次に求めてみる。全デー×10 | 算処理装置に全データを集めるのにかかる時間で、は

激は(M/K)×2*** [word)である。よって、代表策 $T_{i} = \{K\} = A \log K + M (i - 1/K) B = maximum (i)$

是报表。

【0042】代表演算処理装置から各演算処理装置にデ ータを配布する際のステップ数は kas Kで、演算処理 碁羅あたり通信回数も最大で log K回である。ただ ★

 $T_{s} = \{X\} = \{A \mid \log_{s} X + \{M \mid \log_{s} X\} \mid B\}$

となる。したがって、金遷信時間で、中下、十下。は

T. $(K) = 2A \log K + M (1 - 1/K + \log) B - - (5)$

2.42 6.

【0043】図3及び図4のグラフは、機輸に演算処理 20 形態である。 装置台数、総轄に通信に要する時間をとって、演算処理 装置台数増加に伴う通信時間の増加の関係を示してお り、従来のSinary Tree の遺植方式による (5)式の関係 と、本実施の形態により遺信を効率化した(20式の関係 を、比較して示している。このグラフ中の曲線のうち実 線で示した符号10a、10bが本実施の形態の(2)式の場 台、繊維で示した符号118、115が能象の(5)式の場合 を示している。図3に示した符号10%、11%を付した曲 *雑は、通信されるデータ鑑が少なく。(1) 式のA(通信* を、また図4に示した符号10b、11bを付した曲線は、 通信されるデータ類が多く、(1) 式のA (通信立ち上げ 時間)が全議信時間下に比べて十分小さい状況を想定し ている。このグラブからも明らかなように、本実験の形 整によれば、海軍処理装置の台数が少数の場合、多数の 場合何れも従来の方法より通信に要する時間を少なくす。 ることができる。すなわち、本実施の影響により、デー タの授受の際の待ち時期を最小限に抑え、計算の高速化 を図ることができる。

あなる並列計算機システムにおいて、その内の8台の演 算処理装置の限で上述の3ステップからなる配列の分割 分配、演算集結を行うなど、複数の演算処理装置のうち 2の事業の台数だけ抜き出してこれらに通信制御用の議 別番号を付与し、この台数に適応して上述した方法で配 例の分割分配、演繹処理を行なうものとしてもよい。

[0045]上記第1の実施の影響においては、関係す る演算処理整置の台数が2の事業であることを前提とし ている。一般的な条件として演算処理装置の台数が2の される場合にも拡張したのか以下詳述する第2の実施の

【0048】本発明にかかる証例計算機システムの第2 の実施の形態について説明する。ことでは、例えば批判 計算の配列をも分割して、も台の演算処理装置(識別書 考をり、1、〜、5とする。)に割り当てる場合につい て説明する。図号は本実施の形態における世界計算機シ ステムの演算処理装置間の通信方法を時系列で示すチャ 一上である。この際のデータ処理には、前記ら台の演算 短頭装置のほかに2台の演算短頭装置(識別番号を8. 7とする。)を用いるたととする。

- 立ち上げ時間)が全遺信時間王のほぼ半分を占める状況 - 30 - 【0047】第1ステップとして、2°の位の数を反転 させた数を識別番号としてもつ演算処理装置との間でデ ータを交換する。例えば海算処理装置()(000)は海算処 | 理数||| (501)| と、演算処理数||| 3 (011)| は演算処理数 **羅2(020) と、それぞれ☆傷のデータを交換する。演算** 差理装置 5 (tito) と演算処理装置 7 (tita) は交換すべき データがないので体化する。この時点で、演算処理装置 0~5に2ヵ傷のデータが築められる。

【0048】第2ステップでは、21の位の数を反転さ せた数を識別番号としてもつ演算処理拡置との間でデー 【0044】なお、例えば演算処理装置の台数が15台か 40 タを交換する。例えば演算処理装置4(100) は海算処理 数置6(330) とのデータ交換となるが、この時点で演算 発揮装置さ(110) は遠信すべきデータがないので、演算 処理装置4からデータを受信するのみとする。このデー タ交換により、演算処理装置のへ多に4m個のデータ が、演算処理装置4~7には2 n個のデータが集められ

【0049】第3スチップでは、24 の位の数を放転さ せた数を適用番号としてもつ演算処理装置との間でデー クを交換する。例えば海灘処理装置の(no)は海灘処理 |夢葉でない場合、すなわち台数が || 2~+k等として表 || 50 || 装置2(010)| との交換である。演算差理装置8から振算 処理譲渡2へは2n個のデータ、演算処理装置2から演算処理装置6个は4n個のデータを送信する。このようにして6n個のデータが8台の演算処理装置全てに行き 第る。

【0050】本実施の影響においては、一般に(2) + を) 台の演算処理装置に対して、(2°…を) 台の演算 処理基置を加えた2*** 台の演算処理装置群を構成し、 この演算処理銃器群に対して上述の第1の実施の形態で 詳述したステップにより並列計算を行うものとする。こ れにより、20個無ではない存款の機構処理機関に対し、10 ても2の爆発の場合に築じた構成とすることで、上紀第 1の実施影響と開稿の作用効果を得ることができる。 【6051】次に本発明にかかる推列計算機システムの 第3の実施の影響を説明する。本実施の影響における演 翼処理装置間の通信方法について、例として、配列を6 棚の小配列分割しても台の演算処理装置(線別番号)。 一、5)に繋り曲でている場合について納明する。 まず前記配列を小配列2個分拡張し、拡張した部分には ○を埋める。例えば12個の要素からなる配列 (O,1,4,1, 5,5,2,6,5,3,5,8)であれば、4個の要素からなる影響 (0.0,0,0) を遊加して、260要素からなる配列(3,1,4, 1,5,9,2,6,5,3,5,8,0,0,0,0)とする。海洋処理装置とし ては前記を台の演算処理装置のほかに2台の演算処理装 羅《鐵別番号5、7とする》を加えた8台の演算処理技 置を用いる。この後は、上紀第1の実施の形態において 群落した手環により、8台の演算処理装置間で強信を行 いデータを交換する。

【0052】本実施の形態においては、一般に(2°+k)台の演算処理終況に対して、(2°-k)台の演算 処理装置を加えた2°*1 台の演算処理装置資を構成し、また配列についてもその要素を2°*1 個に拡張して各演 算処理終況に分配し、上配第1の実施の形態と同様の方 法で批判計算及びデータの集結を行うものとする。これ により、2の概要ではない台数の演算処理装置に対して も2の概要の場合に準じた構成とすることで、上配第1 の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

【6053】次に、本発明にかかる差別計算機システムの第4の実施の形態について説明する。第2及び第3の実施の形態は、配列の分割数が2の郷でない場合、すなわち(2°+k)個に分割される場合について、2°+分の演算処理装置によってデータ配列を1個に集結する方法について述べたものである。これに対し本実施の形態は、配列の分割数が、2°+2°(n>n)である場合に対し、(2n+2n)台の演算処理装置で処理するものである。

【0054】本実施の形態における並列計算機システム の演算処理装置期の通信方法として、ここではまず例と して、配列を8分割して8台の演算処理装置(識別番号 0、1、…、5)に割り当てている場合について説明す ス一級8は7の場合の深質原理装置領海信力がお終る所 で示すチャートである。

(30)

【0055】まず、6台の演奏処理装置を2つのグループに分類する、演奏処理装置グループ1は識別番号の~3の4台で構成される。演奏処理装置グループ2は識別番号4~5の2台で構成される。次に、演算処理装置グループ2の2 台間で、上述の第2の実施の形態における手類により、各々のグループでデータを集結させる。図6における第1及び第2ステップがこれに相当する。

【0058】この後、グループ1とグループ2でデータ 受換を次の単綴で行う。

(3) 演算処理装置4 → 演算処理装置り、演算処理装置5 一個算处理装置2を同時並列に実施。(図6の第3ステップに相当。)

[2] 演算処理装置3一演算処理契置4. 演算処理装置3 一演算処理装置5を開時並列に実施。(図8の第4ステップに担当。)

(3) 演算処理装置(3 一演算処理装置 1、演算処理装置 2 一演算処理装置(3 を同時並列に実施。(図 8 の第 5 ステ 20 ップに担当。)

ての方法により、8台の演算処理基置によってデータ配 列を集結させることができる。

(0057)また。本実施の形態のもう一つの例として、配列を10分割して10台の演算処理基礎(機別番号 0、1、1、9)に割り当てている場合について説明 する、図7はこの場合における演算処理装置間通信方法 を特系列で示すチャートである。

【0058】まず、10台の海翼処理装置を2つのグループに分割する。海翼処理装置グループ1は識別番号り、
30 1、一、7の8台で構成される。海算処理装置グループ
2は線別番号8、9の2台で構成される。次に海算処理
装置グループ1の8台の海算処理装置間、および演算処理
接近グループ2の2台の演算処理装置間に、上記第2の実施の形態において述べた方法により、各々のグループでデータを集結させる。例7における第1、第2及び第3ステップがこれに相当する。

【0088】この後、グループ1とグループ2でデータ 変換を次の手欄で行う。

[17] 演算処理装置8一演算処理装置0、演算処理装置40 9一演算処理装置4を同時並列に実施。(図7の第4ステップに相当。)

(27) 海算処理装置3一海算処理装置3、海算処理装置 7一海算処理装置9。海算処理装置0一海算処理装置 2、海算処理装置4一演算処理装置6を同時並列に実施。(図7の第5スチップに相当。)

(1) 演算処理装置の一演算処理装置1、演算処理装置 4 →演算処理装置5、演算処理装置2 一演算処理装置 3、演算処理装置6 →演算処理装置7 を同時並列に実施。(第7の第6ステップに相当。)

る、器8はこの場合の演算処理装置循道信方法を時系列(10~(0080)との方法により、8台の演算処理装置によ

(11)

* グループ間交換を行う。以下そのデータの通信方法を簡

ってデータ配列を集結させることができる。なお、ケル ープ8からグループミな蒸盤されたデータのダループ2 内の分配は Binary Treeの方式によっている。

【0081】以下、本発明にかかる推列計算機システム の第5の実施の光機について説明する。本事施の光機に おける演算処理装置間の通信方法は、上記第5の実施の 形態の通信方法を一般化したものである。以下、例とし て配列を22分割して22台の海算処理装置(維約番号)。 1. - 21) 次数り当てている場合について級期する。 装置開通信方法を特系列で示すチャートである。図8に おいて第1ステップから第4ステップまでを、図りにお いて第5ステップから第8ステップまでを示した。

[0082]22=2*+2/+2* であるから、ます。 護算処理装置を次のミグループに分ける。

グループ1: 繊維養費6、1、一、150演算処理装置 (1862)

グループ2: 議所番号16、17、18、19の演算処理装置 (4倍)

グループ3 : 勝期番号20、21の海算処理鉄器 (2台) 【0003】次に、演算処理装置グループ1の19分開。 - 演算処理装置グループ2の4台間、および演算処理装置 グループ3の2台間で、上記第1の実施の形態の方法に より各々のグループでデータを集結させる。これは緊8 に示した第1ステップから第4ステップまでが得出す

【0084】この後は、上配第2歳いは第3の実施の形 **ないて説明した方法と同様の手職により、データの**

を造って観明する。まず、第2ステップでグループ2に **おいてデータの集結が終了するが、その時点で数にグル** ープ3のデータの業績は第7しているから、次のステッ プとして、グループ2の演算処理装置36、18とグループ 3の復興処理鉄置19、20との間でそれぞれテータの交換 が行なわれる。これは図8に示したグループ2とグルー ブラにおける第3ステップに相当する。この時点で、グ ループ3の全ての演算処理装置にはグループ2及びグル 図8及び図9はこの配列2分割の場合における演算処理 10 ーブ3におけるデータがすべて格納された状態となる。 100651次に、グループ2及びグループ3の金での データが格納されたグループ2の演算処理装置35、18か ち、それぞれグループ2の演算処理譲渡37、19KC対して グループ3より受信したデータが通信される。これは図

> 【0088】グループ(においては第4スチップで各階 **算処理装置期でデータの業結が終了するが、次のステッ** プとして、グループ) と、グループ 2 、3 との郷 でデー 20 タの遊気信を行う。まず、グループ1の演算処理装置 り、1、2、3、4、5から、それぞれダループ2、3 ○演算処理裁置15、17、18、19、20、21に対してデータ が送傷される。これによりグループで、3においてはダ ループミ、2、3の22台の全ての演算処理装置のデータ の業績が完了する。これは簡分に示した第5ステップに 経治する。

8に示したグループ2における第4ステップに組出す

【0067】次に、グループ1の16台の演算処理装置を 4つの小グループに分割する。すなわち、

グループ1の小グループ1: 演算処理整置り、1、2、3

小グループ2: 海笋処理装置4.5.5.7

ホグループ3: 演算処理装置8.9、10, 11

小グループ4; 演算処理装置12、13、14、15

表實際.

【0088】この各小グルーブから1台すつ瀋羅処理装 **瀬を選択する。ここでは演算処理装置**り、4、8, 12を 選択する。この4台の演算処理装置に対して、それぞれ グループ2の演算処理袋覆36、17、18、19から、グルー ブ2及びグループ3に関して集結されたデータを選係す る。これは綴りに示した第6ステップに相当する。

【0069】次に、グループトの各小グループにおい て、従来のSheary Tree の方式で演算処理袋屋間でグル ープ2、3に関するデータの送受傷を行ない、ホグルー プの全演算線理装置においてグループ1、2、3のデー タを集結させる。例えば小グループ主にあいては海豚佐 難装置()から演算処理装置2に対してデータを適信し、 次に演算処理装置り、2からそれぞれ演算処理装置!。 3に対してデータの遊信を行う、他の小グループにおい ても同様である。これは図りに示した第7ステップ及び 第8ステップに相当する。こうして、全ての力台の演算 |楚្寒霧において22個のデータ配列の業結を完了する。|

【0070】一般に、2の響乗では衰されない自動の震 算処理装置におけるデータ配列は、以上減期した方法に よって業結させることができる。まず、と個の整数 Berner Der M. G. (@b. Be >b. >b. >~>=, 20)

を用いて、並列計算機システムの演算処理装置の台数を [0071]

40 (\$2.14.)

と表す。また、データ配列をこの台敷と顕数の小配列に 分割し、各演算処理装置に分割して演算処理を行なるも のとする。並列計算機システムの演算処理機関のうち、 100721

188181

$$2^{n_1}, 2^{n_2}, 2^{n_3}, \cdots, 2^{n_k}$$

台をそれぞれグループ G_{1} 、 G_{2} 、 \cdots 、 G_{N} として、 \otimes - 30 予計算機システムの演算処理装置をk個のグループに分 3.7

朝する。開機にデータ配列の小板別の 100731 (\$18)

$$2^{n_1}, 2^{n_2}, 2^{n_3}, \dots, 2^{n_k}$$

個をそれぞれ配列A、、A、、一、A、として8個の配 例の分割する。

[0074]次に、1至pSkなるすべてのpに対し て、以下の『』内に定義する操作(以下。グループ内工 細りという。)を行う。但し、グループ在工程1、一、 no とは並列して行うこととする。

【0075】 「 グルーブG, の (2のn, 乗) 傷の簡 算処理施置に識別番号の、1、…、(2のn。幾-1) を付与する。本に、ひるするロー1なるまに対し、以下 の()内に定義する操作する。g=0からg=p-1 象で職次行なり。

《 繊別番号Nの演算処理装置に対し、2進法で表した - 鎌州番号Nの2*の位を反転させた番号N'を織別番号 とする演算処理施置を対応させ、データ配列の演算処理 処理装置との間で相互に送受信する。但し、4>0なる なに対しては、操作なの際は、繊別番号N、N'の演算 処理装置物で、各演算処理装置による演算処理結果に加 えて操作(ロー1)までで得られた演算処理結果を合わ せて遊気強することとする。 》

この操作により、グループG。の(2のa、業)台の適 - 夢処理装置で、データ振列の集結を行う。-グループの数定方法により、グループがII程 1、一、K を批判に行なったとき、グループ内工程とが最初に終了 し、以下、グループ内工程(8-1)、ハ、2、1の難 30 この方法により、一般に複数台の演算処理装置によって **に終了する。このことを考慮して、以下の ({ }) に定** 養する操作(以下、グループ第工程のという。)を、の = k - 1からo = 1までoに関して隣線に行うこととす

【0078】ログループ内工程がが終了した後、グル ープの、の各演算処理装置に集結された配列A。のデー タを、グループG。の演繹処理装置から、グループG る。すなわち、グループG、に罵する(2のg、漿)台 の演算処理装置のうち

[0077] 【数17】

$$2^{n_{p+1}} + \dots + 2^{n_k}$$

台を選択して、これら選択された演算処理参覆とダルー ブGoraller。G、に関する演算処理機能とを上対すに 対応させ、グループG、からグループG。、、、、、G。 への観測A、のデータ議僚を行う。次に、グループG ... からグループG、へのデータの蒸儀を行う。(2の) n。集)台の演繹処理装置からなるグループG。を、そ 50 (図4)通信されるデータ繋が多い場合の本発明の第)

有老的沙 [0078] 180181

7 no -- 10 per

台の演算処理装置からなる小グループロ。、ハ、カ、ス 分割する。この小グループの数では、

100781 T# 191

r = 2" "

である。ここで、グループG。。、に属する演算処理装置 をりょ、小。りょと表記する。 ダループG。の小グル ープα、、一、α、と、ダループG。。, に属する演算処 運動機をも、、 つ、 も、とを主対主に対応させて、グル ープG...、の演算処理装置も、から対応する小グループ なこのうちから選択された1台の演算処理接触a、次。 グループG...、において集結された配列人。..。のデータ を選信する操作を、しらしるとなる全ての主について申 結果を織用番号Nの演算処理装置と識別番号N'の演算 20 列に行う。このとき、p < k - 1 の場合、演算処理装置 したデータ配列A...。、一、A、を含めて通信するもの 67 B.

> (0080)での後、各本グループな、において、複雑 処理鉄躍a、からs、以外の全ての演算処理装置に対し て、従来のWinary Tree の方式でデータの通信を行な う、これにより、グループGp の全ての演算処理協療に 対してデータ配列A。、一、A。に関するデータ配列の 業績が完了する。

各演算処理装置にあいて分散され並列計算されたデータ 瓶列を、効率よく集結させることができるから、計算の 海遮住を図ることができる。

[[800]

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、サ **予測1算機システムの演算処理装置期の通信方法の効率を** より向上させることにより、データの接受の際の得ち時 関を最小機に抑えることができるから、並列計算機シス テムにおいて実施される大規模な計算の高速化を図ると 40 法ができる。

【図画の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の影響における並列計算機 システムの構成を示すブロック器である。

【図2】本発明の第1の実施の形態にかかる世別計算機 システムの演算処理装置間の適信方法を時系列で示すチ *~ FOBE.

【図3】 機信されるデータ量が少ない場合の本発明の第 1の実施形態及び従来の議信方法を用いた場合の演算機 理台数と運信時期の相関を示すグラフである。

の英雄形態及び従来の適信方法を用いた場合の演算処理 台数と通信時間の相関を示すグラフである。

【図5】本発明の第2の実施の形態にかかる世列計算機 システムの演算処理装置器の運信方法を時系列で示すチ かっトである。

【図8】本発明の第2の実施の形態にかかる証列計算機 システムの演算処理装置間の通信方法を時来例で示すチ · 一个要要。

【図7】本発明の第4の実施の形態にかかる並列計算機 システムの演算処理装捌筒の遺信方法を跨系列で示すチー10 10 a 2 10 b … 本発明の第1の実施の影態における演算処 かっとである。

(図8)本発明の第5の実施の形態にかかる世界計算機率

*システムの演算処理鉄巖間の運信方法を時系列で示すチ ヤートである。

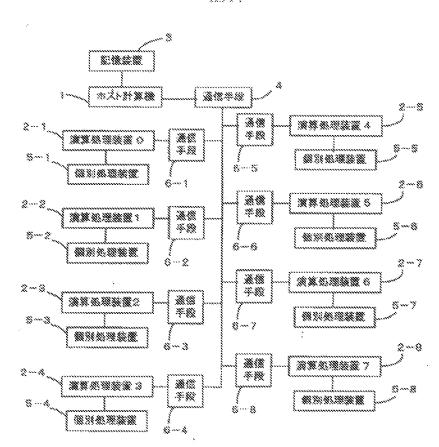
【図り】本発明の第5の実施の形態にかかる世別計算機 システムの演纂処理装置間の遺信方法を斡系列で示すチ チートである。

【行号の説明】

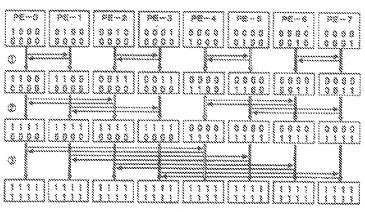
手一水スト計算機。 - 2 m 1 m 演算処理装置。 3 m 紀 雙数攤。4…通信手段、 5m3…個別处理裝置。 一十一通信学校

運装置の台数と通信に要する時間の関係を示す曲線

(181)

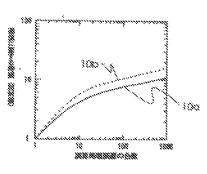


(M2)

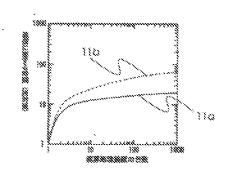


[\$\\\\] (a, \operatorname : \text{T-2}\text{A}\text{D}\text{B}\text{B}\text{B}\text{B}\text{C}\text{B}\text{B}\text{C}\text{B}\text{B}\text{B}\text{C}\text{B}\text{B}\text{B}\text{C}\text{B}

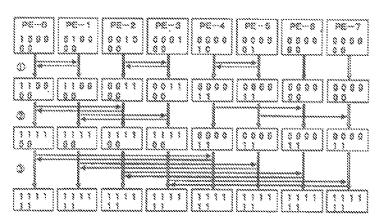
(M3)



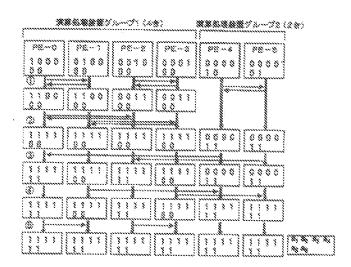
(884)



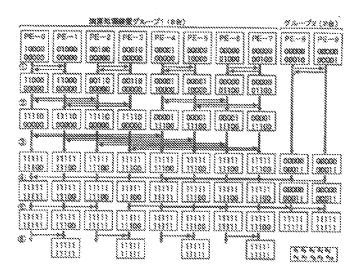
(205)



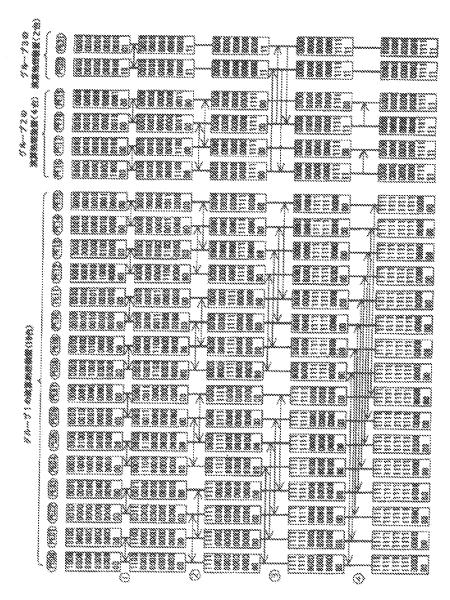
(288)



(207)



188)



1880

